



ارزیابی تاثیر روند خشکسالی و ترسالی هواشناسی بر افت تراز سطح آب دریاچه پریشان

مریم شفیعی^۱ و محمود رائینی سرجاز^۲

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: m.raeini@sanru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳۱

چکیده

در سال‌های اخیر به علت افزایش فراوانی خشکسالی‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور سطح آب دریاچه‌ها به طور چشم‌گیری کاهش یافته و افزون بر آسیب‌های زیست‌محیطی، بخش‌های اقتصادی و اجتماعی جامعه را نیز با چالش روبه‌رو کرده است. هدف این پژوهش، بررسی نوسانات تراز سطح آب دریاچه پریشان در دوره‌های خشک و تر، تاثیر خشکسالی‌ها بر افت تراز سطح آب دریاچه و تعیین اثرگذارترین نمایه خشکسالی بر افت تراز سطح آب دریاچه می‌باشد. در این پژوهش با به‌کارگیری نمایه‌های خشکسالی SPI، CZI، MCZI و ZSI تاثیر خشکسالی و ترسالی بر نوسانات تراز سطح آب دریاچه پریشان در ۵ ایستگاه نزدیک به دریاچه، در سه مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (۳ ماهه)، میان‌مدت (۱۲ ماهه) و بلندمدت (۴۸ ماهه) برای بازه آماری ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۸ بررسی شد. یافته‌های این پژوهش گویای آن است که نمایه‌های خشکسالی هواشناسی SPI، CZI، MCZI و ZSI در همه ایستگاه‌ها در مقیاس زمانی میان و بلندمدت (بجز نمایه SPI در مقیاس میان‌مدت در ایستگاه دشت برم) رابطه معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد با تغییرات تراز سطح آب دریاچه نشان دادند. نمایه‌های SPI و CZI در مقیاس زمانی بلندمدت در ایستگاه دشت ارژن دارای بیشترین ضریب همبستگی ($r = 0.60$) بودند. با رفع اختلاف فاز میان رخداد خشکسالی و افت تراز سطح آب دریاچه روابط رگرسیونی برای ۴ نمایه خشکسالی در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت هم بهبود یافت. یافته‌ها نشان دادند خشکسالی با تاخیر زمانی چند ماهه عامل مهمی در افت تراز سطح آب دریاچه پریشان در دهه ۱۳۸۰ بوده است.

واژه‌های کلیدی: نمایه خشکسالی، مقیاس زمانی، اختلاف فاز، دریاچه پریشان

مقدمه

تعیین‌کننده‌ای دارند. دریاچه پریشان از جمله تالاب‌های آب شیرین ایران است که در جنوب غرب استان فارس واقع شده است. این دریاچه در طی دهه‌های گذشته دست‌خوش تغییرات زیادی بوده ولی در دهه اخیر تراز سطح آب دریاچه روندی به شدت کاهش یافته است. تاثیر خشکسالی‌های دهه اخیر را در کاهش سطح آب دریاچه نمی‌توان نادیده گرفت. از آنجایی‌که حوضه دریاچه بسته است این سامانه آب‌شناختی به تغییرات آب و هوایی بسیار حساس است، بنابراین چالش‌های آینده در مدیریت این نوع دریاچه‌ها به طور فزاینده‌ای به دلیل تغییرات نیواری می‌باشد (۱۶).

در دهه‌های اخیر نوسانات سطح دریا به طور عمده‌ای به تغییرات آب و هوای جهانی ربط داده شده است (۹). بنابراین توسعه سناریوهای خشکسالی تغییرات دریاچه‌ها در پاسخ به تغییرات آب و هوایی برای برنامه‌ریزی اقتصادی و اجتماعی منطقه، با در نظر گرفتن کاربری زمین‌ها و تقاضای آب امری بایسته به نظر می‌رسد (۲۱). کاهش بارش ورودی به دریاچه‌ها به همراه هرگونه تغییراتی در آب‌های زیرزمینی و کنش و واکنش‌های دریاچه‌ها در طول دوره خشکسالی می‌تواند روی ذخیره و کیفیت آب دریاچه‌ها اثر بگذارد (۱۷). خوجینی و سیمردی (۸) در پژوهشی به این نتیجه

خشکسالی و سیل از پدیده‌های زیان‌آور طبیعی هستند که انسان همواره با آنها روبرو بوده است. خشکسالی، بسته به ماندگاری و شدت آن، می‌تواند آسیب‌های کلانی بر جامعه و محیط‌زیست داشته باشد (۱۸). خشکسالی به شیوه‌های مختلف زندگی بشر را تهدید می‌کند، شاید مهم‌ترین تاثیر خشکسالی کاهش منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی باشد. خشکسالی‌های دهه کنونی در بخش نیمه خشک کشور اندوخته‌های آبی را به‌طور چشمگیری کاهش داده است، و دشواری‌های فراوانی را برای بخش‌های مختلف، به‌ویژه کشاورزی به وجود آورده است. مطالعه و بررسی چگونگی تاثیر خشکسالی روی کاهش منابع آب می‌تواند به مدیریت منابع آب و ذخیره آب‌های سطحی و زیرزمینی در سال‌های آتی کمک کند. ارزیابی خشکسالی برای برنامه‌ریزی و مدیریت آب‌های شیرین مستلزم درک تاریخی خشکسالی در منطقه و همچنین اثرات خشکسالی در زمان رخداد می‌باشد (۱۲). تغییرات عمده در شدت، گستره و فراوانی خشکسالی با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم توجیه می‌شوند (۱۱).

از منابع تامین‌کننده آب مورد نیاز بشر، دریاچه‌ها و تالاب‌ها به‌عنوان منابع آب‌های سطحی نقش

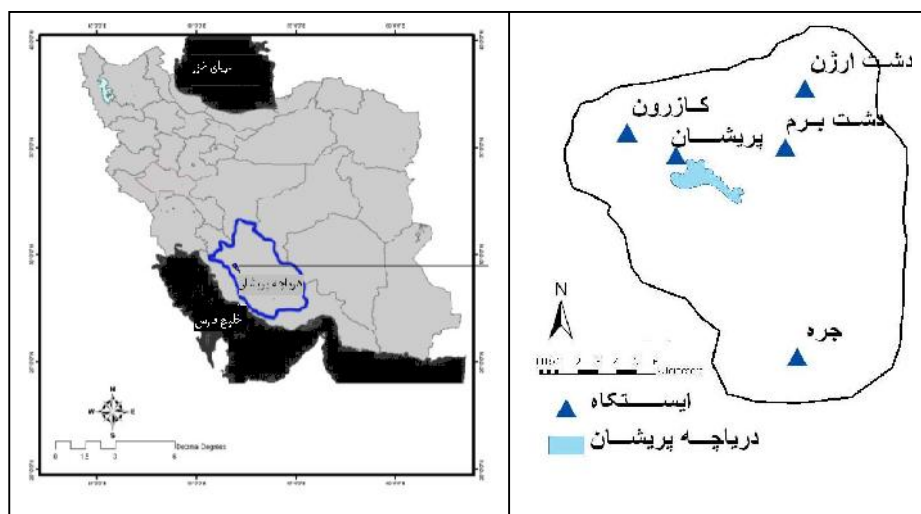
همکاران (۷) نشان دادند که خشکسالی‌های دهه اخیر ایستگاه ارومیه بر نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه اثر داشته‌اند. کاهش گستره دریاچه ارومیه به دلیل رخداد خشکسالی‌های آب- اقلیمی (هیدرواقلمی) چند دهه گذشته و تبخیر زیاد آب از منابع آبی است. خشکسالی شدید جنوب شرق استرالیا در بازه سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۹ تاثیر زیادی روی کاهش آب‌های سطحی گذاشت (۳). هدف این پژوهش بررسی تاثیر خشکسالی و ترسالی بر نوسانات تراز سطح آب دریاچه پریشان و تعیین بهترین نمایه خشکسالی برای نمایش نوسانات سطح تراز آب دریاچه پریشان می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

دریاچه پریشان در جنوب غرب استان فارس و در طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی و ۲۹ درجه عرض جغرافیایی شمالی و در ۸۲۰ متر از سطح دریاهای آزاد واقع شده است. مساحت دریاچه نزدیک به ۴۲۰۰ هکتار است. این دریاچه در بخش نیمه‌خشک کشور واقع شده و بارش سالانه منطقه حدود ۴۵۰ میلی‌متر است. شبکه‌ای از ایستگاه‌های هواشناسی در پیرامون دریاچه وجود دارد که موقعیت آنها در جدول ۱ آورده شده است.

رسیدند که تغییرات آب و هوایی و گرمایش نیوار، در دهه اخیر بر نوسانات بلند مدت سطح آب دریای خزر اثر داشته‌اند. یافته‌های پژوهش جیو و همکاران (۵) نشان داد که به علت تاثیر شدید آب و هوای منطقه روی سطح آب دریاچه پویانگ و منابع آب در چین، انتظار می‌رود در آینده فرآیندهای هیدرولوژیکی و تخلیه حوزه به دریاچه تغییر کند.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر افت تراز سطح آب دریاچه‌ها خشکسالی و کاهش بارش می‌باشد (۳،۱). دریاچه‌ها در بین عوامل مختلف بیشترین پاسخ را به شرایط خشکسالی نشان می‌دهند (۱). وینتر و روزنبری (۲۰) خشکسالی را عامل اصلی خشک شدن تالاب پریری (Prairie) واقع در ایالات متحده دانستند. هانگ و همکاران (۶) مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر نوسانات دریاچه کاتن‌وود (Cottonwood) در ایالات متحده را دما و بارش دانستند و نوسانات سطح دریاچه را به وسیله نمایه خشکسالی پالمبر بررسی کردند. یافته‌های پژوهش ویلیامز (۱۹) و تیمز (۱۵) نشان داد خشکسالی بیشترین تاثیر را در کاهش سطح آب ثبت شده دریاچه کورنگمایت واقع در ایالات متحده از ۱۹۸۶-۱۹۶۰ دارد. جهانبخش و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دریاچه پریشان و ایستگاه‌های برگزیده پیرامون آن در استان فارس

جدول ۱- فهرست ایستگاه‌های هواشناسی برگزیده پیرامون دریاچه پریشان

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	فاصله ایستگاه تا دریاچه (Km)	ارتفاع از سطح دریا (m)	طول جغرافیایی درجه دقیقه	عرض جغرافیایی درجه دقیقه	پیشینه آماری (سال)
۱	پریشان	تبخیر سنجی	۲	۸۴۴	۵۱	۳۱	۳۸
۲	جره	تبخیر سنجی	۲۸	۷۹۴	۵۱	۱۴	۳۸
۳	دشت ارژن	تبخیر سنجی	۲۲	۲۰۱۳	۵۱	۳۹	۴۰
۴	دشت برم	باران سنجی	۱۲	۱۹۹۴	۵۱	۳۷	۴۰
۵	کازرون	همدیدی	۱۱	۸۸۷	۴۰	۳۵	۵۰

مواد و روش‌ها

کمبود داده‌های بارندگی هر ایستگاه با بهره‌گیری از روش ماتریس همبستگی بازسازی شد. برای انجام این پژوهش نخست داده‌های بارش ماهیانه در نرم‌افزار ^۱DIP پردازش شد و ارزش هر کدام از نمایه‌های خشکسالی (جدول ۲) در مقیاس‌های زمانی سه‌گانه محاسبه گردید. سپس، برای برآورد نوسانات سطح دریاچه با استفاده از نمایه‌های خشکسالی از روش رگرسیون خطی استفاده شد. برای افزایش دقت اندازه‌های برآوردی با استفاده از روش رفع اختلاف فاز رخداد وقوع خشکسالی و افت تراز سطح آب دریاچه همزمان شد و روابط رگرسیونی میان داده‌های رفع اختلاف فاز برقرار شد. در این پژوهش برای داده‌پردازی از نرم‌افزار Excel2007 و برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

برای بررسی تاثیر روند خشکسالی‌های هواشناسی روی نوسانات سطح آب دریاچه پریشان، ۵ ایستگاه در محدوده مطالعاتی دریاچه انتخاب شد (شکل ۱). در این پژوهش از نمایه‌های خشکسالی SPI (نمایه بارش استاندارد شده)، CZI (نمایه Z چینی)، MCZI (نمایه Z چینی اصلاح شده) و ZSI (نمایه Nمره Z) در سه مقیاس زمانی کوتاه‌مدت (۳ ماهه)، میان‌مدت (۱۲ ماهه) و بلندمدت (۴۸ ماهه) استفاده شد. برای انجام این پژوهش داده‌های آماری از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۸ (۳۷ سال) استفاده شد. داده‌های بارندگی از اداره هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای استان فارس، داده‌های تراز سطح آب هم از شرکت آب منطقه‌ای استان فارس تهیه شد. کیفیت و همگنی داده‌ها با آزمون توالی بررسی شد.

جدول ۲- طبقه‌بندی نمایه‌های SPI, CZI, ZSI, MCZI (۱۰)

طبقه‌بندی خشکسالی	مقادیر نمایه
بی‌نهایت مرطوب	۲ و بیشتر
مرطوب شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
مرطوب متوسط	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک به نرمال	۱/۹۹ تا -/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	-۲ و کمتر

خشکسالی را بهتر نشان می‌دهد. تغییرات ضریب همبستگی و سطح احتمال نمایه‌های مورد بررسی در سه مقیاس زمانی با تراز سطح آب دریاچه در جدول ۳ (الف و ب) آورده شده است. هر ۴ نمایه در مقیاس زمانی بلندمدت در ایستگاه دشت‌ارژن دارای بیشترین ضریب همبستگی بودند ($r=0/6$).

دلیل پایین بودن ضریب همبستگی بین نمایه‌های SPI, ZSI, CZI و MCZI با تراز سطح آب دریاچه به‌ویژه در مقیاس‌های زمانی کوتاه و میان‌مدت را می‌توان تاخیر زمانی بین آغاز خشکسالی و تاثیر آن روی تراز سطح آب دریاچه دانست، این تاخیر زمانی و وجود همبستگی پایین در نمودارهای شکل ۲ و جدول ۳ (الف و ب) قابل مشاهده می‌باشد، به‌ویژه در برخی از سال‌ها همبستگی میان این دو دیده نمی‌شود.

نتایج و بحث

رابطه نمایه‌های SPI, CZI, MCZI و ZSI با تراز سطح آب دریاچه

نمایه‌های SPI, ZSI, CZI و MCZI در تمامی ایستگاه‌ها در مقیاس زمانی میان مدت (۱۲ ماهه) و بلندمدت (۴۸ ماهه)، (بجز نمایه SPI در مقیاس میان‌مدت در ایستگاه دشت برم) در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد با تغییرات تراز سطح آب دریاچه رابطه معنی‌داری را نشان دادند، در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت ایستگاه‌های دشت‌ارژن و پریشان معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد برای همه نمایه‌ها (بجز نمایه SPI در ایستگاه پریشان) نشان دادند. با بالاتر رفتن مقیاس زمانی نمایه‌ها سطح معنی‌داری و همبستگی این رابطه بالاتر می‌رود و تغییرات تراز سطح آب دریاچه با روند

جدول ۳- تغییرات ضریب همبستگی و سطح احتمال الف) نمایه‌های SPI و CZI و ب) نمایه‌های ZSI و MCZI در سه مقیاس زمانی ۳، ۱۲ و ۴۸ ماهه با سطح آب دریاچه پریشان

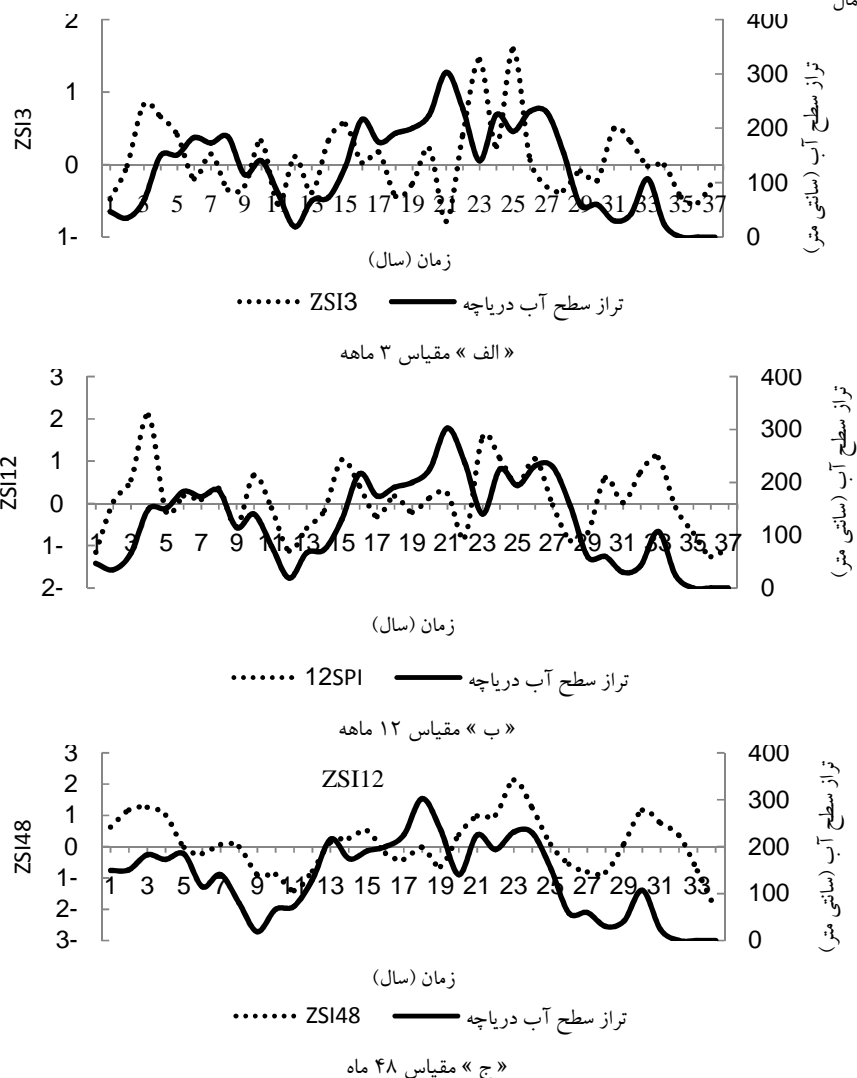
CZI48		SPI48		CZI12		SPI12		CZI3		SPI3		الف)
P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	ایستگاه
۰/۰۰۳*	۰/۵۸	۰/۰۰۴*	۰/۵۷	۰/۰۰۵*	۰/۵۴	۰/۰۰۶*	۰/۵۳	۰/۰۲۴**	۰/۳۶	۰/۰۰۶*	۰/۳۱	پریشان
۰/۰۰۱*	۰/۵۶	۰/۰۰۱*	۰/۵۶	۰/۰۱۳۱**	۰/۴	۰/۰۱۳۹**	۰/۴	۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۱۵۵	کازرون
۰/۰۰۴**	۰/۳۳	۰/۰۰۴**	۰/۳۴	۰/۰۳۲۵**	۰/۳۵	۰/۰۷۱۲	۰/۲۹	۰/۷۸	۰/۰۴۷	۰/۸۶	۰/۰۲۹	دشت برم
۰/۰۰۱*	۰/۱۶	۰/۰۰۱*	۰/۱۶	۰/۰۰۵*	۰/۵۴	۰/۰۰۵*	۰/۵۴	۰/۰۳**	۰/۳۵	۰/۰۴۷**	۰/۳۳	دشت ارزن
۰/۰۰۳*	۰/۴۹	۰/۰۰۳*	۰/۵	۰/۰۱۹۳**	۰/۳۸	۰/۰۱۷۹**	۰/۳۸	۰/۶۵	۰/۰۷	۰/۶۹	۰/۰۶۷	جره

MCZI48		ZSI48		MCZI12		ZSI12		MCZI3		ZSI3		ب)
P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	ایستگاه
۰/۰۰۴*	۰/۵۷	۰/۰۰۴*	۰/۵۷	۰/۰۰۶*	۰/۵۳	۰/۰۰۶*	۰/۵۴	۰/۰۳۴**	۰/۳۵	۰/۰۰۳**	۰/۳۵	پریشان
۰/۰۰۱*	۰/۵۷	۰/۰۰۱*	۰/۵۴	۰/۰۱۲*	۰/۴	۰/۰۱۳**	۰/۴	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۱۸	کازرون
۰/۰۰۴**	۰/۳۴	۰/۰۰۴**	۰/۳۴	۰/۰۴۲**	۰/۳۳	۰/۰۴**	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۰۷۵	۰/۸۴	۰/۰۳۳	دشت برم
۰/۰۰۱*	۰/۱۶	۰/۰۰۱*	۰/۱۶	۰/۰۰۵*	۰/۵۴	۰/۰۰۵*	۰/۵۵	۰/۰۲**	۰/۳۸	۰/۰۲۴**	۰/۳۷	دشت ارزن
۰/۰۰۲*	۰/۵۱	۰/۰۰۳*	۰/۵	۰/۰۱۷**	۰/۳۹	۰/۰۲۴**	۰/۳۷	۰/۶۷	۰/۰۷۲	۰/۶۴	۰/۰۸	جره

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

± ضریب همبستگی

P: سطح احتمال

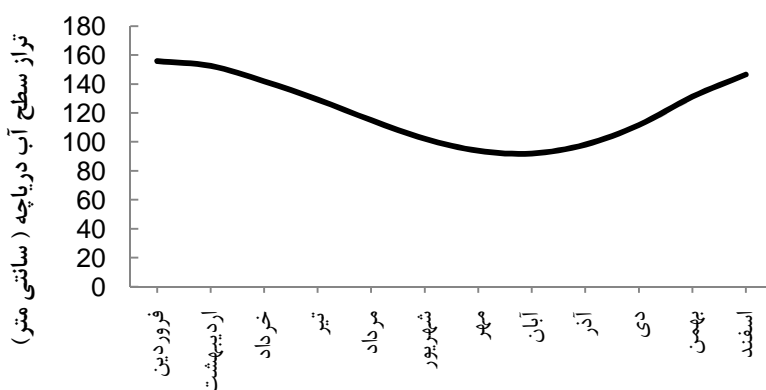


شکل ۲- مقایسه نمودار تغییرات نمایه ZSI با تراز سطح آب دریاچه در سه مقیاس زمانی- ایستگاه جره

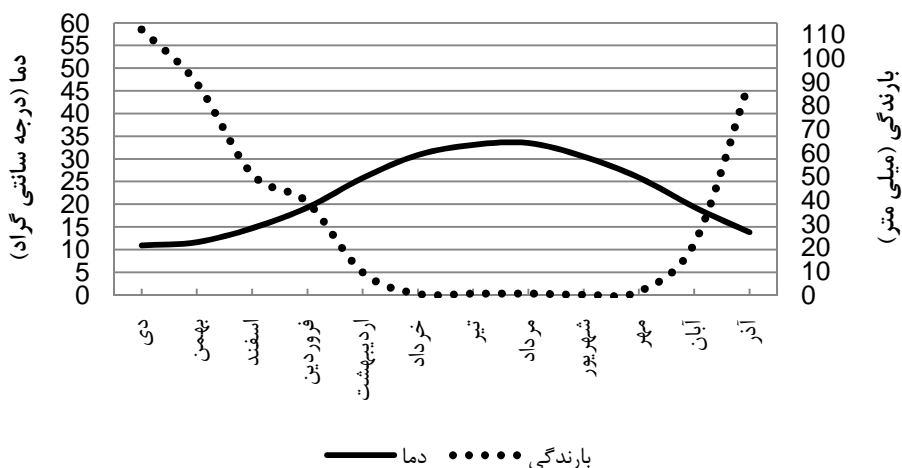
۷۳-۱۳۷۲ و بدترین وضعیت طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۶ دیده شد. کاهش سریع و ناگهانی تراز سطح آب دریاچه در آغاز دهه ۸۰ با وجود بهبود وضعیت رطوبتی منطقه به سمت نرمال نشان از دخالت عامل یا عامل‌های دیگری غیر از خشکسالی دارد، تغییر اقلیم می‌تواند یکی از این عوامل باشد ولی عامل مهم‌تر افزایش تعداد چاه‌ها در این سال از حدود ۶۰۰ حلقه چاه به ۸۰۰ حلقه می‌باشد (۱۴).

بیشترین تراز سطح آب ثبت شده در دوره آماری مورد بررسی مربوط به ماه‌های فروردین و اردیبهشت و کمترین مربوط به ماه آبان می‌باشد (شکل ۳). این نمودار گام زمانی بین ماه‌های تر و خشک و تراز سطح آب را به خوبی نشان می‌دهد، بیشترین بارندگی منطقه در ماه‌های دی و بهمن رخ داده (شکل ۴) ولی تراز سطح آب در این دو ماه پایین است. ماه‌های فروردین و اردیبهشت بر اساس منحنی آمبروترمیک منطقه ماه‌های کم بارانی می‌باشند ولی بالاترین تراز سطح آب را دارند.

تفاوت این گام‌های زمانی از آغاز خشکسالی تا افت سطح دریاچه در مقیاس کوتاه‌مدت بین ۸ تا ۱۴ ماه، در مقیاس میان‌مدت بین ۶ تا ۱۲ ماه و در مقیاس بلندمدت ۴ تا ۶ ماه می‌باشد. زیرا دقیقاً در زمان آغاز خشکسالی تراز سطح آب پایین نمی‌آید، ممکن است طی یک دوره خشکسالی چند ماهه این اتفاق روی دهد. از آنجا که پدیده‌های خشکسالی و ترسالی با نوسانات سطح آب دریاچه هم‌گام نیستند، و افت آب دریاچه در زمانی دیرتر از آغاز خشکسالی روی می‌دهد، به همین دلیل همبستگی بین افت آب دریاچه و خشکسالی بزرگ نیست، میزان این تاثیر در نمودارهای شکل ۲ خیلی بهتر مشخص می‌شود. تاخیر زمانی تاثیر پدیده‌های هیدرولوژی در مطالعات دیگر هم بررسی شده، در پژوهشی اسلامیان و همکاران (۴) تاخیر زمانی ریزش‌های جوی بر سفره آب زیرزمینی دشت بوئین را ۳ ماهه به دست آوردند. بهترین وضعیت تراز سطح آب طی سال‌های



شکل ۳- تغییرات تراز سطح آب دریاچه پریشان در ماه‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۸۸



شکل ۴- منحنی آمبروترمیک ایستگاه پریشان

آمد. با رفع اختلاف فاز میان رخداد خشکسالی و افت تراز سطح آب دریاچه روابط رگرسیونی برای ۴ نمایه خشکسالی در مقیاس زمانی کوتاهمدت هم معنی‌دار شدند و ضریب همبستگی برای هر سه مقیاس زمانی نمایه‌های خشکسالی افزایش یافت. ضریب همبستگی برای مقیاس کوتاهمدت ۰/۳۵-۰/۲۹، مقیاس میانمدت ۰/۱۷-۰/۰۹ و برای مقیاس بلندمدت ۰/۱۴-۰/۱۱ افزایش یافت. در مقیاس زمانی کوتاهمدت بیشترین ضریب همبستگی به ۰/۶۷ (نمایه CZI، ایستگاه دشت‌ارژن)، در مقیاس‌های زمانی میانمدت و بلندمدت به ترتیب به ۰/۷۱ (نمایه SPI، ایستگاه دشت‌ارژن) و ۰/۷۳ (نمایه‌های SPI و CZI، ایستگاه دشت‌ارژن) رسید. همبستگی رگرسیونی نمایه‌ها در جدول ۴ (الف و ب) قابل مشاهده است.

البته در مناطق مختلف و با توجه به شرایط آب و هوایی تغییرات سطح آب دریاچه‌ها در مواجهه با شرایط خشکسالی متفاوت است، در مورد دریاچه مورد مطالعه به علت واقع شدن در اقلیم گرم و نیمه‌خشک بررسی تغییرات سطح آب در مقیاس زمانی بلند مدت نتایج بهتری نشان داد. تعدادی از محققین نوسانات سطح آب دریاچه‌ها را به صورت سالیانه دانستند (۲).

برطرف‌سازی اختلاف فاز میان رخداد خشکسالی و افت تراز سطح آب دریاچه

برای از بین بردن تأخیر زمانی بین رخداد خشکسالی و افت تراز سطح آب از روش رفع اختلاف فاز استفاده شد. در این روش اختلاف فاز میان کمانه‌های سینوسی نمایه خشکسالی و تراز سطح آب حذف شد و نقاط کمینه و بیشینه شکل‌ها روبروی هم قرار گرفتند و روابط رگرسیونی برای داده‌های رفع اختلاف فاز به دست

جدول ۴- تغییرات ضریب همبستگی و سطح احتمال الف) نمایه‌های SPI و CZI و ب) نمایه‌های ZSI و MCZI در سه مقیاس زمانی ۳، ۱۲ و ۴۸ ماهه با سطح آب دریاچه پریشان پس از برطرف‌سازی اختلاف فاز

CZI48		SPI48		CZI12		SPI12		CZI3		SPI3		الف
P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	ایستگاه
۰/۰۰۱*	۰/۷	۰/۰۰۱*	۰/۷۱	۰/۰۰۱*	۰/۶۷	۰/۰۰۳*	۰/۶۲	۰/۰۰۳*	۰/۶۳	۰/۰۰۳*	۰/۶۲	پریشان
۰/۰۰۲*	۰/۶۸	۰/۰۰۲*	۰/۶۷	۰/۰۰۵*	۰/۵۲	۰/۰۰۵*	۰/۵۳	۰/۰۰۶*	۰/۴۶	۰/۰۰۶*	۰/۴۴	کازرون
۰/۰۰۶*	۰/۴۶	۰/۰۰۶*	۰/۴۸	۰/۰۰۶*	۰/۴۷	۰/۰۰۶*	۰/۴۶	۰/۰۳۳**	۰/۳۵	۰/۰۴۶**	۰/۳۴	دشت برم
۰/۰۰۱*	۰/۷۳	۰/۰۰۱*	۰/۷۳	۰/۰۰۲*	۰/۶۹	۰/۰۰۱*	۰/۷۱	۰/۰۰۲*	۰/۶۷	۰/۰۰۲*	۰/۶۵	دشت ارژن
۰/۰۰۳*	۰/۶۱	۰/۰۰۳*	۰/۶۳	۰/۰۰۵*	۰/۵	۰/۰۰۵*	۰/۵۲	۰/۰۲۷**	۰/۳۸	۰/۰۳۱**	۰/۳۶	چره
MCZI48		ZSI48		MCZI12		ZSI12		MCZI3		ZSI3		ب
P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	ایستگاه
۰/۰۰۱*	۰/۶۷	۰/۰۰۱*	۰/۶۸	۰/۰۰۲*	۰/۶۵	۰/۰۰۱*	۰/۶۱	۰/۰۰۵*	۰/۵۳	۰/۰۰۴*	۰/۵۶	پریشان
۰/۰۰۱*	۰/۶۹	۰/۰۰۱*	۰/۶۶	۰/۰۰۲*	۰/۵۶	۰/۰۰۳*	۰/۵۶	۰/۰۰۳**	۰/۴۱	۰/۰۰۴**	۰/۳۶	کازرون
۰/۰۰۶*	۰/۴۶	۰/۰۰۵*	۰/۴۸	۰/۰۰۶*	۰/۴۶	۰/۰۰۵*	۰/۴۷	۰/۰۴۸**	۰/۳۱	۰/۰۴۷**	۰/۳۲	دشت برم
۰/۰۰۱*	۰/۷۲	۰/۰۰۱*	۰/۷۱	۰/۰۰۴*	۰/۶۸	۰/۰۰۳*	۰/۶۹	۰/۰۰۱*	۰/۵۹	۰/۰۰۳*	۰/۶۴	دشت ارژن
۰/۰۰۱*	۰/۶۴	۰/۰۰۱*	۰/۶۲	۰/۰۰۳*	۰/۵۱	۰/۰۰۶*	۰/۴۸	۰/۰۴۶**	۰/۳۴	۰/۰۴۳**	۰/۳۱	چره

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

†: ضریب همبستگی

P: سطح احتمال

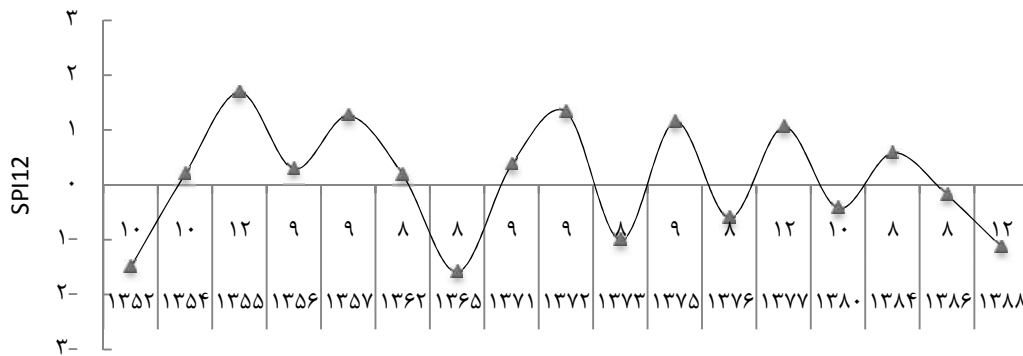
دهم همین سال می‌باشد، و نزدیک به ۱۰ ماه به درازا می‌کشد. زمان ماندگاری دوره بعد ۲۴ ماه، از دی ۱۳۵۲ تا دی ۱۳۵۴ بود و دوره‌های بعد به ترتیب ۱۴، ۹، ۱۲، ۵۹، ۳۶، ۷۳، ۱۲، ۱۱، ۲۵، ۱۱، ۱۶، ۱۶، ۳۴، ۴۶، ۲۴ و ۲۸ ماه در نمودار مشخص شده‌اند. یک دوره خشکسالی شدید (دوره ۷)، ۳ دوره خشکسالی متوسط (دوره‌های ۱، ۱۰ و ۱۷)، ۸ دوره خشکسالی ضعیف (دوره‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶)، ۴ دوره مرطوب متوسط (دوره‌های ۵، ۹، ۱۱ و ۱۳) و یک دوره خیلی مرطوب (دوره ۳) می‌باشد. نمودار شکل ۶ تغییرات تراز سطح آب دریاچه در دوره‌های خشک و تر را نشان می‌دهد. تراز سطح آب دریاچه در بهترین وضعیت در دوره ۹ یعنی سال ۱۳۷۲ حدود ۳۰۰ سانتی‌متر بوده، سطح آب دریاچه در این دوره نسبت به دوره پیش ۱۱۰ سانتی‌متر

نوسانات تراز سطح آب دریاچه در دوره‌های خشک و تر به‌منظور بررسی دقیق‌تر تأثیر خشکسالی و ترسالی بر نوسانات تراز سطح آب دریاچه، دوره‌های خشک و تر منطقه با نمایه SPI در مقیاس میانمدت به دست آمد و تغییرات تراز سطح آب دریاچه در این دوره‌ها بررسی شد. برای تعیین دوره‌های خشک و تر از مقدار عددی نمایه SPI در طول دوره‌ای که طبقه‌بندی خشکسالی آن یکسان است، میانگین‌گیری شد و فاصله زمانی دوره‌های مختلف رطوبتی مشخص گردید. وضعیت رطوبتی دوره‌ها نیز بر اساس میانگین به دست آمده از روی جدول طبقه‌بندی نمایه SPI تعیین شد.

این دوره آماری ۳۷ ساله (۱۳۸۸-۱۳۵۲) شامل ۱۷ دوره خشک و تر بود. این دوره‌ها در نمودار شکل ۵ مشخص شده‌اند. دوره اول از آغاز سال ۱۳۵۲ تا ماه

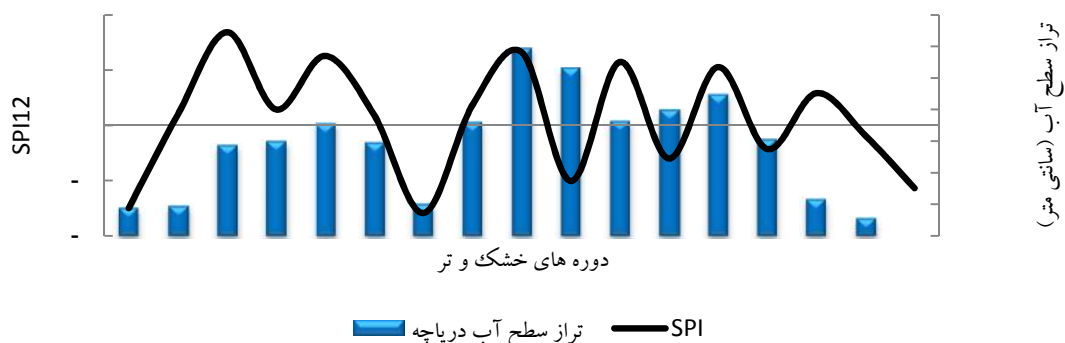
۱۳۷۸) و ۱۵ (۱۳۸۴-۱۳۸۱) افت تراز به ترتیب ۸۰، ۷۵ و ۹۰ سانتی‌متر ثبت شد. با آغاز خشکسالی‌های اواخر دهه ۷۰ طی ۱۰ سال اخیر نوسانات سطح دریاچه فقط روندی کاهشی داشته است. این روند در آغاز شدید بود، ولی پس از آن، به علت کاهش شدید حجم ذخیره آب دریاچه، روند آن کند شد تا اینکه در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ به علت خشکسالی‌های ماندگار دریاچه به کلی خشک شد.

بالا آمده است. در تمام دوره‌های مورد بررسی دوره ۸ (۱۳۶۶-۱۳۷۱) بیشترین خیز سطح آب را نسبت به دوره پیش داشته است که حدود ۱۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. در دوره ۳ (۱۳۵۵) که منطقه بهترین وضعیت رطوبتی در کل دوره آماری مورد بررسی را داشته، تراز آب نسبت به دوره پیش ۹۵ سانتی‌متر بالا آمد. در شدیدترین خشکسالی منطقه در دوره ۷ (۱۳۶۵-۱۳۶۳) تراز سطح آب دریاچه بیشینه افت (۹۵ سانتی‌متر) را دارا بود. در دوره‌های ۱۱ (۱۳۷۵-۱۳۷۴)، ۱۴ (۱۳۸۰-



دوره های خشک و تر (ماه، سال) ...

شکل ۵- دوره‌های خشک و تر و تداوم آنها طی سال‌های ۱۳۵۲-۱۳۸۸ در ایستگاه پریشان



شکل ۶- تغییرات تراز سطح آب دریاچه پریشان طی دوره‌های خشک و تر

از آن) نتیجه بهتری را منعکس می‌کند. مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت رابطه خوبی با نوسانات سطح آب نشان ندادند. بررسی نمودارها (شکل‌های ۲ و ۶) نشان داد در برخی سال‌ها بین تراز سطح دریاچه و نمایه خشکسالی همبستگی منفی وجود دارد، به علت خشکسالی سال‌های پیش سطح دریاچه پایین رفته که با وجود بهبود وضعیت رطوبتی در سال‌های بعد همچنان سطح پایین مانده، زیرا پس از دوره ترسالی و بارش برف بر روی دامنه‌های پیرامون دریاچه، مخزن دریاچه برای پر شدن و بالا آمدن سطح آب به یک فرآیند زمانی برای ذوب برف‌ها و تغذیه دریاچه از چشمه‌های موجود در بستر آن نیاز دارد. در برخی سال‌ها هم با اینکه

در دوره آماری مورد بررسی خشکسالی و ترسالی بر نوسانات تراز سطح آب دریاچه تاثیر قابل توجهی داشته است. یافته‌های این پژوهش با نتایج جهانبخش و همکاران (۷) و رسولی (۱۳) که روی دریاچه ارومیه مطالعه کردند، همخوانی دارد. هم‌چنین با یافته‌های آهن و همکاران (۱)، السدون و همکاران (۳)، هانگ و همکاران (۶) و وینتر و روزنبری (۲۰) مطابقت دارد. تاثیر خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها هم‌گام نبوده و در مقیاس‌های زمانی مختلف با گام‌های زمانی متفاوت همراه بود.

بررسی نوسانات تراز سطح آب دریاچه در مقیاس‌های زمانی بلندمدت (مقیاس‌های سالانه و بالاتر

تراز سطح آب (سانتی‌متر)

دریاچه را بیشتر نشان داد. افت و خیز تراز سطح آب دریاچه با دوره‌های خشک و تر هم‌گامی بهتری نشان داد. بیشترین افت در شدیدترین دوره خشکسالی و بیشترین خیز هم در دوره‌ای که وضعیت رطوبتی منطقه خوب بود، رخ داد. نمایه‌های SPI، CZI، MCZI و ZSI از نظر نمایش تاثیر خشکسالی و ترسالی بر نوسان تراز سطح آب عملکرد تقریباً مشابهی داشتند. نمایه CZI در مقیاس کوتاه‌مدت و نمایه SPI در مقیاس بلندمدت عملکرد بهتری نشان دادند.

خشکسالی شدید بوده، ولی سطح آب همچنان بالا مانده و با تاخیر چند ماهه از آغاز خشکسالی سطح آب پایین آمده است. یعنی همزمان با شروع خشکسالی یا ترسالی نوسانات سطح آب تغییر نمی‌کند، بلکه تاخیر زمانی چند ماهه وجود دارد. این یافته‌ها با نتایج ویلیامز (۱۹) و تیمز (۱۵) که روی دریاچه کورنگمایت واقع در ایالات متحده مطالعه داشتند، مطابقت دارد. رفع اختلاف فاز میان خشکسالی و افت تراز سطح آب دریاچه، ضریب همبستگی میان این دو رخداد را بهبود بخشید و تاثیر خشکسالی بر افت تراز سطح آب

منابع

1. Aherne, J., T. Larssen, B.J. Cosby and P.J. Dillon. 2006. Climate variability and forecasting surface water recovery from acidification: modelling drought-induced sulphate release from wetlands. *Science Total Environment*, 365: 186-99.
2. Assel, R.A., J.E. Janowiak, D. Boyce, C. O'Connors, F.H. Quinn and D.C. Norton. 2000. Lakes ice and weather conditions for the 1998 El Laurentian Great Niño winter. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81: 703-717.
3. Elsdon, T.S., M. De Bruin, N.J. Diepen and B.M. Gillanders. 2009. Extensive drought negates human influence on nutrients and water quality in estuaries. *Science of the Total Environment*, 407: 3033-43.
4. Eslamian, S., S.M. Nasri and N. Rahimi. 2009. Investigation periods of wet and drought and its effects on the water resources of the basin Buin Plain. *Geography and Environmental Planning*, 33: 90-75. (In Persian)
5. Guo, H., T. Jiang, G.J. Wang, B.D. Su and Y.J. Wang. 2006. Observed trends and jumps of climate change over Lake Poyang Basin, China. *Journal of Lake Science*, 18: 443-451.
6. Huang, S., D. Dahal, C. Young, G. Chander and S. Liu. 2011. Integration of Palmer Drought Severity Index and remote sensing data to simulate wetland water surface from 1910 to 2009 in Cottonwood Lake area, North Dakota. *Remote Sensing of Environment*, 115: 3377-3389.
7. Jahanbakhsh, S., M. Hosseini and H. Sayadi. 2009. Determination of wetness and dryness using Palmer drought severity index in Urmia station. *Regional conference on water crisis and drought. University of Rasht*. 6 pp. (In Persian)
8. Khujini, A. and A. Simardy. 2008. Long-term fluctuations in water level of the Caspian Sea and its issues. *Third Conference on Water Resources Management, University of Tabriz*, 9 pp. (In Persian)
9. Llovel, W., M.L. Becker, A. Cazenave, J. Franc and O. Cre'taux. 2010. Global land water storage change from GRACE over 2002-2009; Inference on sea level. *Guillaume Ramillien BC. R. Geoscience*, 342: 179-188.
10. Mckee, T. B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints 8 th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, pp: 179-184.
11. Mishra, A.K. and V.P. Singh. 2009. Analysis of drought severity-area-frequency curves using a general circulation model and scenario uncertainty. *Journal of Geophysics, Res.* 114, D06120.
12. Mishra, A.K. and V.P. Singh. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216.
13. Rasouli, A. 2008. Monitoring fluctuations in Urmia Lake with processing of satellite picture. *3rd Conference on Water Resources Management, University of Tabriz*, 19 pp. (In Persian)
14. Report of study water resources Hele basin and rivers. 2010. *Fars Province Region Water Company*. 3 (5). (In Persian)
15. Timms, B.V. 2005. Salt lakes in Australia: present problems and prognosis for the future. *Hydrobiologia*, 552: 1-15.
16. Tweed, S., M. Grace, M. Leblanc, I. Cartwright and D. Smithyman. 2011. The individual response of saline lakes to a severe drought. *Science of the Total Environment*, 409: 3919-3933.
17. Tweed, S., M. Leblanc and I. Cartwright. 2009. Groundwater-surface water interaction and the impact of a multi-year drought on lakes conditions in South-East Australia. *Journal of Hydrology*, 379: 41-53.
18. White, M.S., M.A. Xenopoulos, K. Hogsden, R.A. Metcalfe and P.J. Dillon. 2008. Natural lake level fluctuation and associated concordance with water quality and aquatic communities within small lakes of the Laurentian Great Lakes region. *Hydrobiologia*, 613: 21-31.
19. Williams, W.D. 1995. Lake Corangamite, Australia, a permanent saline lake: conservation and management issues. *Lakes Reservoirs Research Management*, 1: 55-64.
20. Winter, T.C. and D.O. Rosenberry. 1998. Hydrology of Prairie Pothole wetlands during drought and deluge: A 17-year study of the Cottonwood Lake wetland complex in North Dakota in the perspective of longer term measured and proxy hydrological records. *Climatic Change*, 40: 189-209.
21. Yu, G. 2010. Lake water changes in response to climate change in northern China: Simulations and uncertainty analysis. *Quaternary International*, 212: 44-56.

Assessment of the Impact of Meteorological Drought and Wetness Trends on the Parishan Lake Water Level Decline

Maryam Shafiei¹ and Mahmoud Raeini-Sarjaz²

1- M.Sc., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: m.raeini@sanru.ac.ir)
Received: July 18, 2013 Accepted: July 22, 2014

Abstract

In recent years due to increase of drought frequency, lakes water levels, in arid and semi-arid regions of the Iran, have dropped significantly. Therefore, in addition to ecosystem degradations, drought challenges socio-economic sectors as well. The purpose of this study was to evaluate the water level fluctuations of Parishan Lake during the wet and dry periods, and the impact of drought indices on lake water balance. By help of the SPI, CZI, MCZI and ZSI drought indices, the impact of drought on the lake water level fluctuations were investigated using meteorological data of 5 stations close to the lake. Three time scales of 3, 12 and 48 months were used for this purpose. There were significant relationships ($P < 0.05$) between the lake water level fluctuations and drought indices of SPI, CZI, MCZI and ZSI for all evaluated stations. Long-term time scale SPI and ZSI indices had better relationship ($r = 0.6$) with lake water level fluctuations compared to other indices. With removal of phase lag between drought and water level fluctuations, regression relations for 4 drought indices of short- term time scales were improved. Findings of this research indicated that drought was the more effective and important factor on decline of the lake water level during the 2000 decade.

Keywords: Drought Index, Time Scale, Phase Lag, Parishan Lake